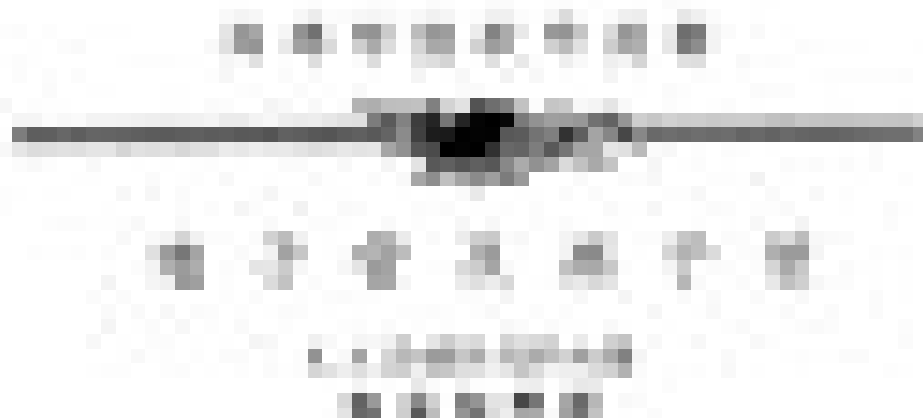




高等学校教学用书



电子管及离子管

A. A. 沙波什尼科夫著

班冀超等译

高等教育出版社



本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое Издательство) 出版的沙波什尼科夫 (А. А. Шапошников) 著“电子管及离子管” (Электронные и Ионные приборы) 1952 年增訂本譯出的。

本書討論無線电技术所用的各种电真空管的物理过程、理論、計算及应用，作为通信、电机、动力各学院学生及应用电真空管的工厂，科学研究机构工程师們参考之用。对于自修和运用电真空管者本書也很有用。

本書由北京铁道学院电子管教研室班冀超、严忠鐸、盧淦、譚慕端、范希魯共同譯校。

电子管及离子管

A. A. 沙波什尼科夫著

班冀超等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号)

天津市第一印刷廠印刷 新华書店总經售

書号 15010·229 開本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 18 字數 373,000

一九五六年十一月北京第一版

一九五六年十一月天津第一次印刷

印數 0001—6,000 定價 (10) 洋 2.20

序

A. A. 沙波什尼科夫教授的這本書是苏联高等学校电子管及离子管課程最初的苏联教本之一，同时也是具有高度科学水平和优良編写方法的教科書。此書出版于1932年，并在1934年和1937年兩次再版。此書最后一次再版出版后很快地就全部銷售完了，在質量方面得到所有研究电真空管者的好評。本書的优点，除了包含电真空管設計与制造的丰富材料，考虑到应用时所提出的許多要求之外，还詳細地敘述了物理現象。因此，無論对于專攻通訊或專攻电真空管的人，這本書都是很有价值的。書中敘述了当时所有文献上新的貢獻以及作者本人一系列的研究工作，作者担任几个电真空工厂的科学顧問和以B. И. 列宁命名的列宁格勒电工学院的教研室主任。

在偉大的衛國战争以前，A. A. 沙波什尼科夫已經决定由苏联国立动力出版社出版他的書的第四版。在战争爆發前，書稿已經写完，并交給苏联国立动力出版社。在战时情況下，書的出版延緩了。战争停止后决定將書出版，但是已經不能由作者参加而实现了，因为A. A. 沙波什尼科夫支持不住列宁格勒被圍时期的艰苦生活条件，已于1942年逝世了。

在战时和战后的年代中，新型电真空管有蓬勃的發展。自然，这些發展不可能在战前写好的書里反映出来。因此，苏联国立动力出版社認為有必要对原稿加以补充，并将电真空管新的研究部分重新写过，使它符合高等学校电真空管課程現代的教学大綱。因此之故，本人企圖尽可能地使原稿提高到現代水平，但是还保持原書著者原有的总的風格和方針，希望以此来紀念苏联电真空工業界的一位先驅者。

本人重写了本書以下各节：緒論，第一章及第二章，§ 3-2, 3-3, 3-4, 4-1, 5-1, 5-7, 7-8, 7-9, 9-3, 第十章，§12-3, 12-4。

对第三章、第四章、第五章、第八章、第九章及第十一章都不得不加以修訂。本書其余部分全部內容也都重新編輯过了，只有第六章和第七章改变最少，因为A. A. 沙波什尼科夫敘述的風格和他本人的研究在这兩章里表現得特別明显。

同时應該指出：如果不去改变這本書的結構和風格（本人不願意去改变它），不把它变成电真空管課程（而不是电子管和离子管課程），而要完全按照电真空管課程現在的教学大綱来編排是不可能的。根据現在的教学計劃，电真空管其实是必修的。A. A. 沙波什尼科夫的原稿按照內容來說和电真空管这个名称是不符合的。

經過修改之后，A. A. 沙波什尼科夫的書，据本人看来，保存了原著者的基本風格，有了充分的近代化形式，对于專攻無線电技术、应用电子学和电真空技术的学生和自修者將是一本有价值的教科書。

Г. А. 嘉古諾夫 (Тягунов)

目 录

序

緒論	7
----------	---

第一章 电子現象的基础	12
-------------------	----

1-1. 电子	12
1-2. 自由电子在靜电場中的运动	13
1-3. 电子在磁場中的运动	15
1-4. 电子在复合电場和磁場中的运动	17
1-5. 金属中的电子	19
1-6. 导体、半导体及絕緣体	23
1-7. 逸出功	25
1-8. 接触电位差	29

第二章 电子發射	31
----------------	----

2-1. 电子發射的一般規律	31
2-2. 热电子發射	33
2-3. 光电發射	37
2-4. 表面層的影响; 有选择性的光电效应	41
2-5. 二次电子發射	42
2-6. 場致电子發射	44
2-7. 重質点碰撞引起的發射和电极上的其他現象	45

第三章 热电子陰極	48
-----------------	----

3-1. 热电子陰極的种类	48
3-2. 陰極的計算	54
3-3. 氧化物陰極的脉冲电子發射	60
3-4. 新型陰極	60

第四章 二極管	62
---------------	----

4-1. 二極管現象的一般特性	62
4-2. 真的陽極电压	64
4-3. 中間的陽極电压·“二分之三次方”定律	65
4-4. 二極管的实有特性曲綫及其他原因对其的影响	70
4-5. 二極管的参量	75
4-6. 二極管的应用	76

第五章 有柵極的电子管	82
-------------------	----

5-1. 电子管中电流的控制	82
5-2. 極际电容	85
5-3. 合成电場及“3/2次方”定律	86
5-4. 有柵極的电子管的特性	91
5-5. 有柵極的电子管的参量	92
5-6. 根据三極管的尺度来計算其参量	97
5-7. 电流的分配及其和参量的关系	100
5-8. 三極管的工作情况	104
5-9. 电子管振荡器作用原理	108

第六章 受信式放大管及發生管	116
6-1. 受信式放大管的类别及特点	116
6-2. 电子管在高频放大线路内的工作	118
6-3. 用以放大高频的屏栅管及五极管	119
6-4. 屏栅管和五极管的参量与结构	122
6-5. 低频电压放大管	125
6-6. 低频功率放大管	128
6-7. 检波管	139
6-8. 跨导可变的电子管	145
6-9. 發生管工作时能量的平衡	146
6-10. 發生管的参量及类型	148
6-11. 混波管和变频管	155
6-12. 用途特殊的电子管·电子管指示器和电子管静电计	161
6-13. 放大高频时电子管所产生的畸变	163
6-14. 电子管本身的噪音	165
6-15. 管内剩余气体的影响及估计真空的方法	170
第七章 用以發生和接收高频及超高频振荡的电子管	174
7-1. 高频及超高频发生器的特点	174
7-2. 發生超高频时电子渡越时间的影响	179
7-3. 超高频低功率电子管的特性及其类型	181
7-4. 超高频标准电子管的类型和结构	185
7-5. 用制动场法产生超高频的电子管	187
7-6. 电子束的超高频发生器——速调管	188
7-7. 磁控管	196
7-8. 行波管	202
7-9. 超高频电子管的应用	203
第八章 电子光学及电子射线管	205
8-1. 概論——电场及电子轨迹的图形	205
8-2. 静电透镜的电子束聚焦法	209
8-3. 用磁透镜使电子束聚焦的作用	212
8-4. 示波管的电子射线管	213
8-5. 傳送圖像的电子射线管	218
第九章 光电管及二次电子发射管	223
9-1. 光电管及二次电子发射管应用的范围	223
9-2. 内光效应的光电管	223
9-3. 半导体的光电管	227
9-4. 二次电子倍增器	231
第十章 稀薄气体中的放电作用	235
10-1. 基本质点及其特性	235
10-2. 基本过程	237
10-3. 放电中的统计现象	241
10-4. 气体放电的类别	248
第十一章 气体放电管或离子管	256
11-1. 气体放电的一般特性及分类	256
11-2. 水银整流器	256
11-3. 充气整流管	262

11-4. 高压充气整流管	265
11-5. 閘流管	266
11-6. 引燃管	271
11-7. 冷电极气体放电管·冷阴极整流管	272
11-8. 用于电视及频闪观测的管子	274
11-9. 气体放电的稳压管	275
11-10. 放电器	276
第十二章 没有电子及离子放电的器件在电子管中保持真空的方法	278
12-1. 鎮流管	278
12-2. 真空热电偶	279
12-3. 真空电容器	280
12-4. 保証維持管内真空的方法	281
参考書刊	283

高等学校教学用书



电子管及离子管

A. A. 沙波什尼科夫著

班冀超等译

高等教育出版社

本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое Издательство) 出版的沙波什尼科夫 (А. А. Шапошников) 著“电子管及离子管” (Электронные и Ионные приборы) 1952 年增訂本譯出的。

本書討論無線电技术所用的各种电真空管的物理过程、理論、計算及应用，作为通信、电机、动力各学院学生及应用电真空管的工厂，科学研究机构工程师們参考之用。对于自修和运用电真空管者本書也很有用。

本書由北京铁道学院电子管教研室班冀超、严忠鐸、盧淦、譚慕端、范希魯共同譯校。

电子管及离子管

A. A. 沙波什尼科夫著

班冀超等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号)

天津市第一印刷廠印刷 新华書店总經售

書号 15010·229 開本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 18 字數 373,000

一九五六年十一月北京第一版

一九五六年十一月天津第一次印刷

印數 0001—6,000 定價 (10) 洋 2.20

目 录

序

緒論	7
----------	---

第一章 电子現象的基础	12
-------------------	----

1-1. 电子	12
1-2. 自由电子在靜电場中的运动	13
1-3. 电子在磁場中的运动	15
1-4. 电子在复合电場和磁場中的运动	17
1-5. 金属中的电子	19
1-6. 导体、半导体及絕緣体	23
1-7. 逸出功	25
1-8. 接触电位差	29

第二章 电子發射	31
----------------	----

2-1. 电子發射的一般規律	31
2-2. 热电子發射	33
2-3. 光电發射	37
2-4. 表面層的影响; 有选择性的光电效应	41
2-5. 二次电子發射	42
2-6. 場致电子發射	44
2-7. 重質点碰撞引起的發射和电极上的其他現象	45

第三章 热电子陰極	48
-----------------	----

3-1. 热电子陰極的种类	48
3-2. 陰極的計算	54
3-3. 氧化物陰極的脉冲电子發射	60
3-4. 新型陰極	60

第四章 二極管	62
---------------	----

4-1. 二極管現象的一般特性	62
4-2. 眞的陽極电压	64
4-3. 中間的陽極电压·“二分之三次方”定律	65
4-4. 二極管的实有特性曲綫及其他原因对其的影响	70
4-5. 二極管的参量	75
4-6. 二極管的应用	76

第五章 有柵極的电子管	82
-------------------	----

5-1. 电子管中电流的控制	82
5-2. 極际电容	85
5-3. 合成电場及“3/2次方”定律	86
5-4. 有柵極的电子管的特性	91
5-5. 有柵極的电子管的参量	92
5-6. 根据三極管的尺度来計算其参量	97
5-7. 电流的分配及其和参量的关系	100
5-8. 三極管的工作情况	104
5-9. 电子管振蕩器作用原理	108

第六章 受信式放大管及發生管	116
6-1. 受信式放大管的类别及特点	116
6-2. 电子管在高频放大线路内的工作	118
6-3. 用以放大高频的屏栅管及五极管	119
6-4. 屏栅管和五极管的参量与结构	122
6-5. 低频电压放大管	125
6-6. 低频功率放大管	128
6-7. 检波管	139
6-8. 跨导可变的电子管	145
6-9. 發生管工作时能量的平衡	146
6-10. 發生管的参量及类型	148
6-11. 混波管和变频管	155
6-12. 用途特殊的电子管·电子管指示器和电子管静电计	161
6-13. 放大高频时电子管所产生的畸变	163
6-14. 电子管本身的噪音	165
6-15. 管内剩余气体的影响及估计真空的方法	170
第七章 用以發生和接收高频及超高频振荡的电子管	174
7-1. 高频及超高频发生器的特点	174
7-2. 發生超高频时电子渡越时间的影响	179
7-3. 超高频低功率电子管的特性及其类型	181
7-4. 超高频标准电子管的类型和结构	185
7-5. 用制动场法产生超高频的电子管	187
7-6. 电子束的超高频发生器——速调管	188
7-7. 磁控管	196
7-8. 行波管	202
7-9. 超高频电子管的应用	203
第八章 电子光学及电子射线管	205
8-1. 概論——电场及电子轨迹的图形	205
8-2. 静电透镜的电子束聚焦法	209
8-3. 用磁透镜使电子束聚焦的作用	212
8-4. 示波管的电子射线管	213
8-5. 傳送圖像的电子射线管	218
第九章 光电管及二次电子发射管	223
9-1. 光电管及二次电子发射管应用的范围	223
9-2. 内光效应的光电管	223
9-3. 半导体的光电管	227
9-4. 二次电子倍增器	231
第十章 稀薄气体中的放电作用	235
10-1. 基本质点及其特性	235
10-2. 基本过程	237
10-3. 放电中的统计现象	241
10-4. 气体放电的类别	248
第十一章 气体放电管或离子管	256
11-1. 气体放电的一般特性及分类	256
11-2. 水银整流器	256
11-3. 充气整流管	262

11-4. 高压充气整流管	265
11-5. 閘流管	266
11-6. 引燃管	271
11-7. 冷电极气体放电管·冷阴极整流管	272
11-8. 用于电视及频闪观测的管子	274
11-9. 气体放电的稳压管	275
11-10. 放电器	276
第十二章 没有电子及离子放电的器件在电子管中保持真空的方法	278
12-1. 鎮流管	278
12-2. 真空热电偶	279
12-3. 真空电容器	280
12-4. 保証維持管内真空的方法	281
参考書刊	283

序

A. A. 沙波什尼科夫教授的這本書是苏联高等学校电子管及离子管課程最初的苏联教本之一，同时也是具有高度科学水平和优良編写方法的教科書。此書出版于1932年，并在1934年和1937年兩次再版。此書最后一次再版出版后很快地就全部銷售完了，在質量方面得到所有研究电真空管者的好評。本書的优点，除了包含电真空管設計与制造的丰富材料，考虑到应用时所提出的許多要求之外，还詳細地敘述了物理現象。因此，無論对于專攻通訊或專攻电真空管的人，這本書都是很有价值的。書中敘述了当时所有文献上新的貢獻以及作者本人一系列的研究工作，作者担任几个电真空工厂的科学顧問和以B. И. 列宁命名的列宁格勒电工学院的教研室主任。

在偉大的衛國战争以前，A. A. 沙波什尼科夫已經决定由苏联国立动力出版社出版他的書的第四版。在战争爆發前，書稿已經写完，并交給苏联国立动力出版社。在战时情況下，書的出版延緩了。战争停止后决定將書出版，但是已經不能由作者参加而实现了，因为A. A. 沙波什尼科夫支持不住列宁格勒被圍时期的艰苦生活条件，已于1942年逝世了。

在战时和战后的年代中，新型电真空管有蓬勃的發展。自然，这些發展不可能在战前写好的書里反映出来。因此，苏联国立动力出版社認為有必要对原稿加以补充，并将电真空管新的研究部分重新写过，使它符合高等学校电真空管課程現代的教学大綱。因此之故，本人企圖尽可能地使原稿提高到現代水平，但是还保持原書著者原有的总的風格和方針，希望以此来紀念苏联电真空工業界的一位先驅者。

本人重写了本書以下各节：緒論，第一章及第二章，§ 3-2, 3-3, 3-4, 4-1, 5-1, 5-7, 7-8, 7-9, 9-3, 第十章，§12-3, 12-4。

对第三章、第四章、第五章、第八章、第九章及第十一章都不得不加以修訂。本書其余部分全部內容也都重新編輯过了，只有第六章和第七章改变最少，因为A. A. 沙波什尼科夫敘述的風格和他本人的研究在这兩章里表現得特別明显。

同时應該指出：如果不去改变這本書的結構和風格（本人不願意去改变它），不把它变成电真空管課程（而不是电子管和离子管課程），而要完全按照电真空管課程現在的教学大綱来編排是不可能的。根据現在的教学計劃，电真空管其实是必修的。A. A. 沙波什尼科夫的原稿按照內容來說和电真空管这个名称是不符合的。

經過修改之后，A. A. 沙波什尼科夫的書，据本人看来，保存了原著者的基本風格，有了充分的近代化形式，对于專攻無線电技术、应用电子学和电真空技术的学生和自修者將是一本有价值的教科書。

Г. А. 嘉古諾夫 (Тягунов)

緒 論

电子管及离子管是一种仪器，它的作用是建立在利用管内稀薄气体所發生的电子或离子过程(即放电过程)的原理上。所附的电真空管简化分类表(圖 0-1)表明了工程上所用的电子管及离子管的相互关系及其外貌。从表下部的圖解中可以看到，电极空间(气体放电)和电极表面上(电子发射及其他电极现象)的物理现象是了解各种电真空管作用原理的基础。

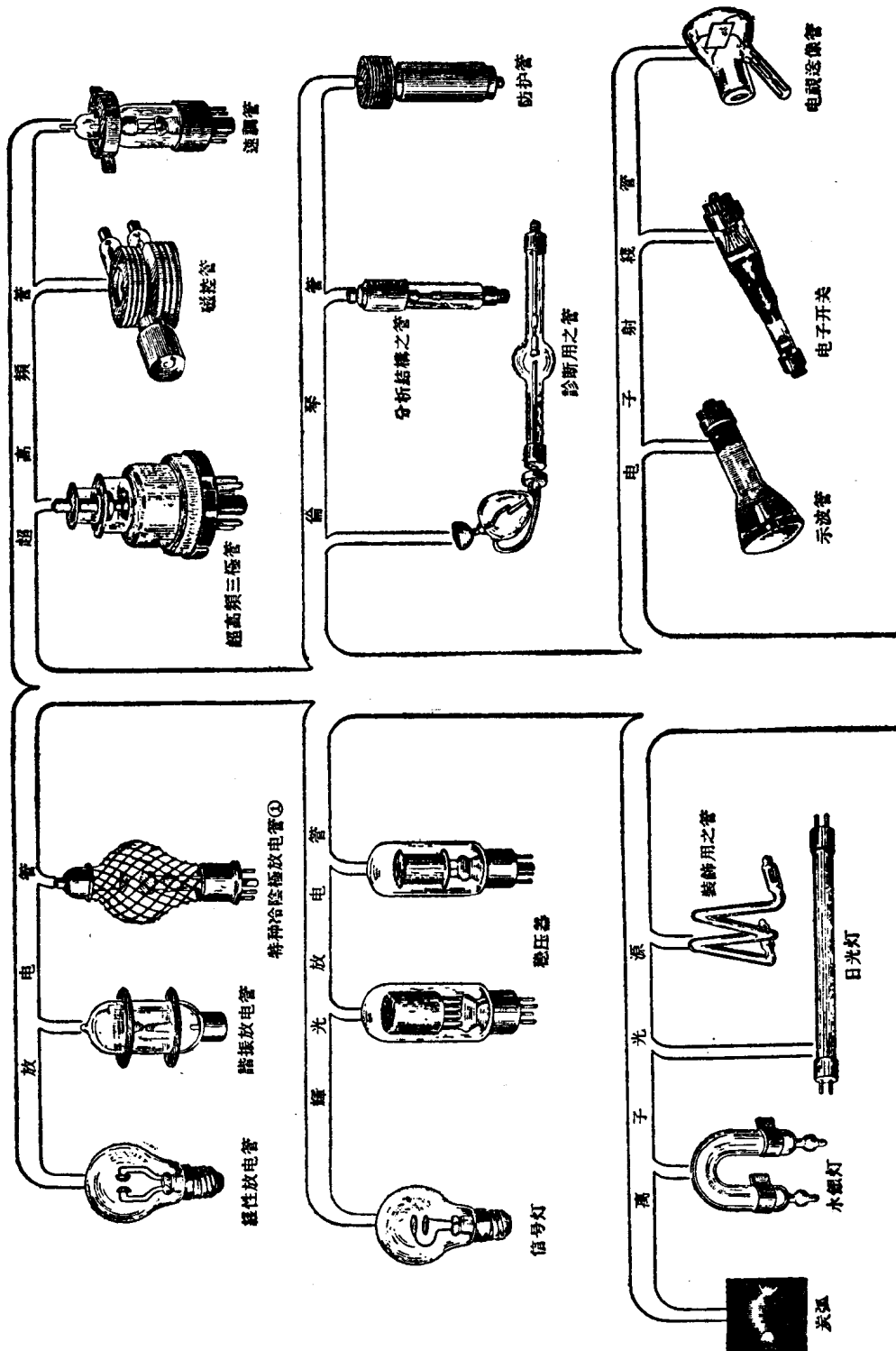
以这些物理现象为基础的所有电真空管統列在表的上部，并且根据管内所發生的特有的电气过程，管的用途和形式，把电真空管分成許多类。表上所列出的管的种类，可綜合成三个主要类型：

a) 高度真空放电管，在这种管内，質点的运动是在質点和气体原子几乎不發生碰撞的条件下进行的。这一类电真空管称为“电子管”。属于这一类型的有：电子管、具有光电发射作用的光电管、二次电子倍增器、电子射线管、倫琴射线管及超高频管。

b) 气体放电管，在这种管子里电子和气体原子的碰撞起主要作用，这叫离子管。属于这一类型的管子有自持的和非自持的弧光放电管、辉光放电管和放电器(即避雷器)以及离子光源。

b) 沒有电子和离子放电的器件，在这里电流通过金属导体、半导体或者以位移电流的方式通过高度真空。属于这类器件有：照明用的白炽灯、热电偶、整流管、真空电容器、半导体光电管以及热变电阻、晶体二极管、三极管及类似的器件。以上所述的各种类型电子管及离子管本書不一一討論，但是在这里要討論某些半导体器件。因为这主要系于本書著者对本書所确定的方向，就是注意叙述無線电技术里所用的器件的性質。

在圖 0-1 中每种管子的外形都尽可能用縮小的尺寸表示出来了。至于各种管子内部的結構，那就是各式各样了。从圖 0-2 可以看出电子管、光电管及电子射线管内部的結構，而圖 0-3 用圖解表示最簡單的三極电子管的結構。各种管零件的結構形式虽然大不相同，但是在物理作用方面通常有很多共同之点。因此，我們以电子管(圖 0-3)为例，把这些零件列举出来。电子管有一个用玻璃、金属或特殊瓷做成的外壳 δ (叫做泡子或管囊)，泡里焊接一个管子 H (在强力管中有几个这样的管子)，叫做管脚；泡子用以把导线 B 引进的那一部分有时具有另外的样式，例如平底的形状。管子内部的电极装在支架(支柱) A 上；电极之中有电子收集器——陽極 A ，控制用的电极——栅極 C (可以有几个栅極) 及电子的来源——陰極 K 。把引出线焊接在底座 U 的插脚 III 上，將管子接至电路。管内真空的产生是经过小管 P 从管内把空气抽出去。空气抽出后将 P 的末端封閉，然后另外用化学吸收剂 II 的作用，来改进并保持管内的真空。吸收剂是从装在支架 T 上的錠剂散布在泡子壁上的 (也采用其他装置把吸收剂散开)。对于圖 0-1 所示的各种管子，上面所列举的这些内部零件能以任何一种形式在这些管里出現。



① 原文为 триагрон — 譯者。

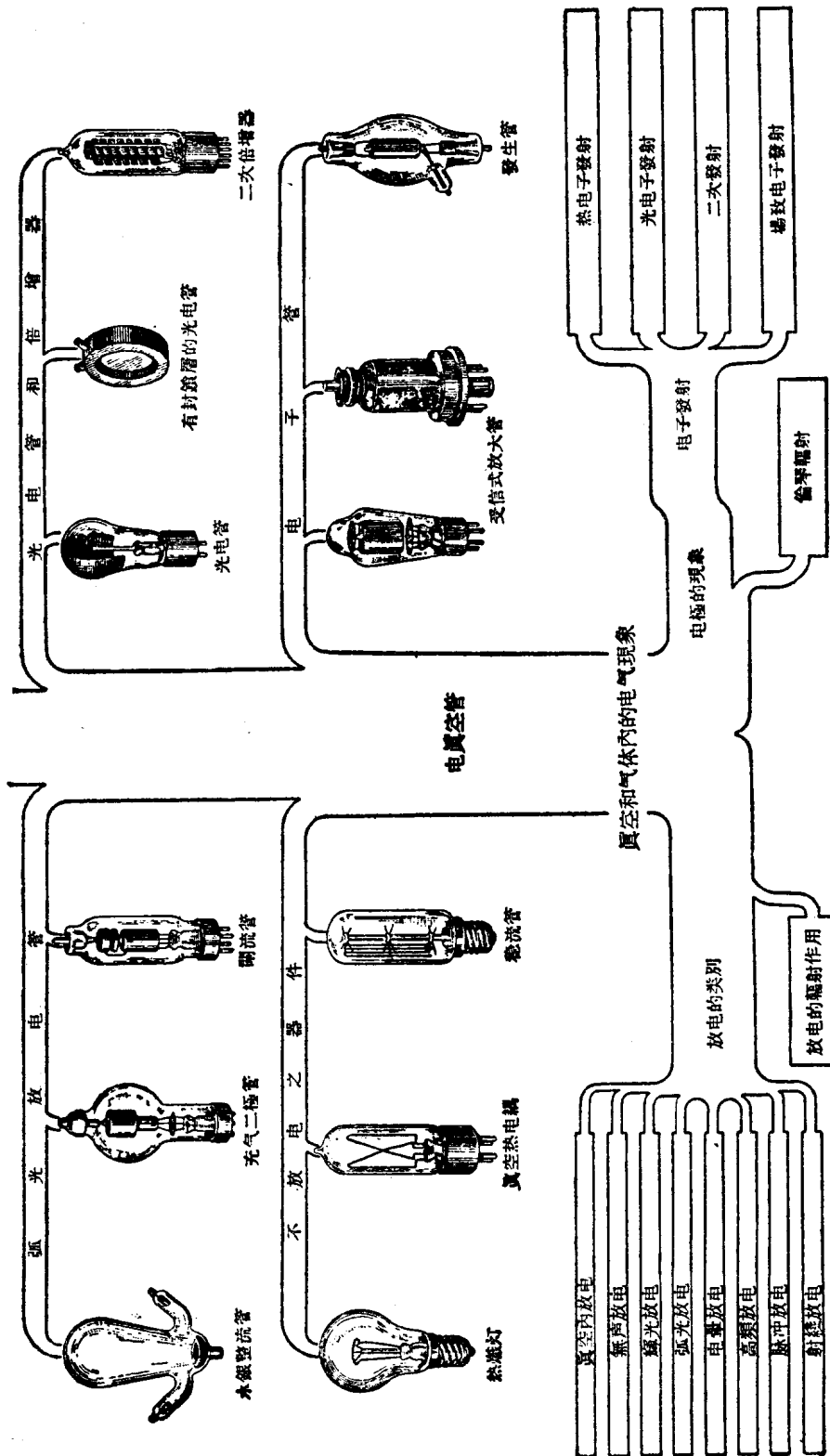


圖 0-1. 电真空管的簡化分类表。

現在讓我們簡短地敘述電子管和離子管發展的历史，以及在發展过程中俄國及蘇聯科學家和發明家所起的重要作用。

產生高度真空的技術改進和電子及離子現象物理學的發展，對於電真空管的發展來說是非常重要的。上述二者在前一世紀的水平是非常不高的。在高度真空技術和電子離子物理學水平還不高的條件下，首次創造的電真空儀器更加值得尊敬。這種首次創造以後不僅在照明技術中，並且在電真空事業中开辟了新紀元。我們知道第一個白熾燈的發明和技術研究者是俄國電工學家А. Н. 羅迪金(Лодыгин; 在1872—1873年)。

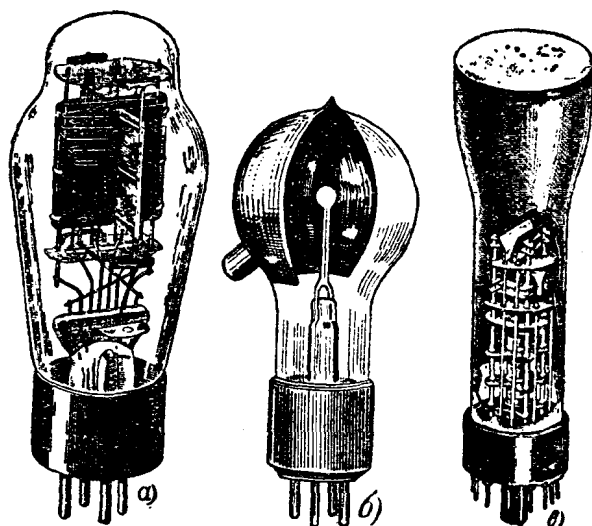


圖 0-2. 現代電真空管的外形：
a—電子管；b—光電管；c—電子射綫管。

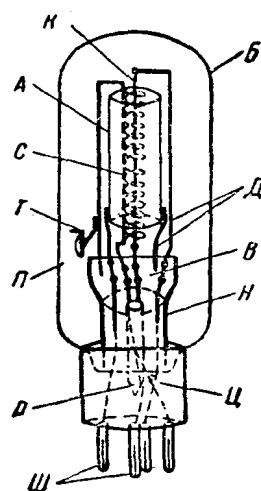


圖 0-3. 三極電子管的結構。

莫斯科大學教授 А. Г. 斯托列托夫 (Столетов) 和德國物理學家 Н. 赫茲 (Hertz) 在 1883 年發現了熱電子發射現象，在 1887 年發現並且研究光電子發射。這是電子現象研究的開端，這些不久就用在技術上了。所以，最初的光電管(或和光電管作用相同的物理儀器)在前世紀的末期已經出現了，而在 1904 年也就採用了熱電子發射現象來製造技術上所用的電子管——交流電流的整流器。在 1907 年已經證明有可能利用額外電極來控制管內的電流。這樣出現了以後公認為無線電技術主要器件的三極管。但是從 1895 年 А. С. 波波夫 (Попов) 發明無線電到第一次世界大戰的開始，電子管還沒有在無線電技術中流行。把電子管應用到無線電技術上去是受無線電通信的軍事價值的強烈刺激。因此，從 1913 年到 1919 年這個期間，對於電子管的無線電技術的發展起了決定性的影響。應該指出：用在無線電技術上的第一批電子管(無論受信式的或發振式的)是 Н. Д. 帕帕列克西 (Папалекси) 院士在 1914 年製造出的。幾年之後，在 1921 年 М. А. 邦奇-伯魯耶維奇 (Бонч-Бруевич) 教授研究出了世界上第一批水冷銅陽極的強力管。以後，無線電技術所用的電子管發展很快，在這一領域每一年都帶來新的東西。我們只提出發展中的幾個突出階段。1924 年發明了四極管，即有四個電極(有兩個柵極)的電子管。實在說，它的概念在 1918 年就知道了。在 1930 年出現了五